

文章编号:1001-4888(2018)05-0781-09

海底管道受坠物锚击损伤模型试验研究^{*}

崔鹏¹, 郭海燕¹, 黄启峰¹, 李晓秋², 李晶石¹, 李福恒¹

(1. 中国海洋大学 工程学院, 山东青岛 266100; 2. 中海油能源发展股份有限公司安全环保分公司技术研发中心, 天津 300452)

摘要: 为探索不同影响因素对锚击作用下海底管道的损伤规律, 本文通过海底管道受坠物锚击作用损伤试验, 研究了坠物质量、坠落高度、管道铺设条件、水深和坠物形状对海底管道机械损伤的影响。试验结果表明, 管道的凹陷损伤与应变随坠物质量和坠落高度的增加而增加; 在相同质量的立方体、球体和模型锚三种形状坠物作用下, 球体坠物对管道的损伤最严重; 管道的损伤程度随铺设的沙土厚度和水深的增加而降低; 沙土层比硬土层可以更好地降低管道的损伤程度; 在距撞击点 50cm 范围内, 管道发生塑性形变。

关键词: 海底管道; 锚击; 试验; 凹陷损伤; 应变

中图分类号: TE973.92; P229

文献标识码: A

DOI: 10.7520/1001-4888-17-094

0 引言

近年来,随着海洋石油工业的发展,海底管道得到了广泛的应用。在实际工程中,海底管道经常受到船舶抛锚作业、海洋平台起吊货物等第三方活动的影响,第三方活动对管道安全运行造成很大的威胁,其中,坠物锚击就是造成海底管道损伤破坏的主要原因之一。因此,开展海底管道锚击作用损伤试验,再现海底管道受第三方活动破坏的过程,对海底管道安全运行具有重要的意义。

Andrew^[1,2]等人在 CUED 实验室进行了海底管道撞击试验,采用外径为 508mm 的带混凝土保护层的海底管道,管道分别置于钢板、沙土之上,改变坠物的质量与速度进行撞击试验,得到不同撞击能量下管道的凹痕损伤。Kristoffersen^[3,4]等人进行了 X65 钢管的材料测试以及受到撞击后破裂面的断裂形式的测试,同时在空管状态和满水状态下进行了 X65 钢管撞击试验研究和数值模拟研究。

国内研究方面,雷震名^[5]和张萌萌^[6]等人就抛锚作业对海底管道的损伤影响进行了试验,分析了覆盖石材、抛锚速度、埋深等影响因素对管道响应的影响。杨秀娟^[7,8]等人采用非线性动态有限元法模拟了海底管道受坠物撞击的过程,分析了坠物形状、撞击角度、摩擦、内压、混凝土厚度对海底管道受坠物撞击的影响。白俊磊^[9]通过对海底管道碰撞的有限元分析,研究了冲击荷载作用下各影响因素对管道的损伤影响。

目前,数值模拟在此类问题的研究中应用较多,这为该问题的试验研究提供了依据,而试验法可以更好地再现海底管道受典型第三方活动的破坏过程,其结果更加真实可靠。

本文通过海底管道损伤试验,再现海底管道受坠物锚击的过程,分析坠物质量、坠落高度、管道铺设条件、水深和坠物形状对坠物锚击作用下海底管道的机械损伤影响。

^{*} 收稿日期: 2017-04-18; 修回日期: 2017-07-30

基金项目: 山东省科技重大专项(2015ZDZX04003)、山东省重点研发计划(2018GHY115045)资助

通讯作者: 郭海燕(1959—),女,博士,教授。主要研究领域:海洋立管/管道结构动力分析方法与试验技术。Email: hyguo@ouc.edu.cn

1 试验方法及设备

通过定制的试验支架释放坠物,对试验管道形成锚击作用,管道不同位置的应变利用 DH5923 动态电阻应变仪采集,撞击点位置的凹陷深度利用凹槽深度测量尺测得。通过改变试验条件,得到不同影响因素下管道的机械损伤。

1.1 试验支架

试验支架上部长 1m,宽 0.5m,高 3.5m,可以组装坠物固定与释放装置;支架下部是长 3.2m,宽 1.5m,厚 4mm 的钢板,四周设有高 0.35m,厚 1mm 的可拆卸挡板,可防止撞击后坠物回弹距离过远,保证试验的安全性,设计图见图 1。

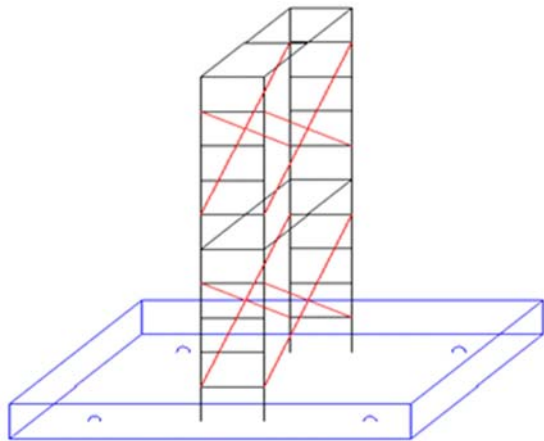


图 1 试验支架设计图
Fig. 1 Design drawing of test support



图 2 试验坠物
Fig. 2 Dropped objects of test

1.2 坠落物和试验管道

试验坠物材料选用 45 号钢,设计制造了 10kg、15kg、25kg 三种质量的模型锚,以及质量均为 25kg 的立方体、球体坠物,如图 2。

试验管道选用工业 201 钢管,长度统一选取 3m,外径 114mm,壁厚 3mm。管道材料属性见表 1。

表 1 管道材料属性

Tab. 1 Material attributes of pipeline

管道类型	密度/(kg/m ³)	泊松比	剪切强度/GPa	屈服强度/MPa	弹性模量/GPa
201 钢管	7930	0.29	79.38	275	203

1.3 应变片布置方案

根据不同的试验目的,设置两种应变片布置方案,如图 3、图 4 所示。

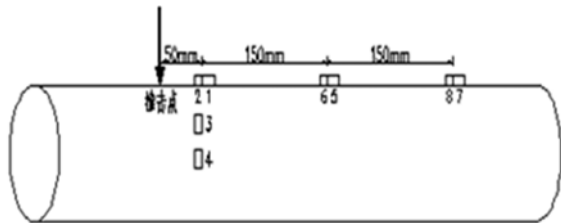


图 3 电阻应变片布置方案 1
Fig. 3 Layout plan 1 of strain gages

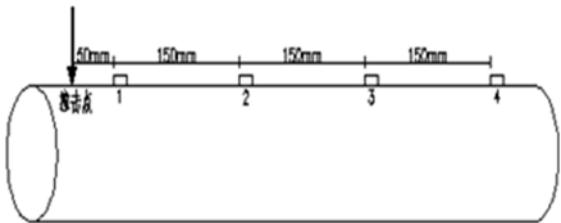


图 4 电阻应变片布置方案 2
Fig. 4 Layout plan 2 of strain gages

布置方案 1:应变片 1、5、7 是沿轴向方向布置的轴向应变片,应变片 2、6、8 是沿轴向方向布置的环向应变片,应变片 2、3、4 是沿周线方向布置的环向应变片。其中,应变片 1 和 2,应变片 5 和 6,应变片 7

和 8 均是测量管道对应位置上同一点的应变。该方案可测得沿轴向方向,管道轴向和环向应变的传递情况,以及沿周线方向,管道环向应变的传递情况。

布置方案 2:应变片 1、2、3、4 是沿轴向方向布置的轴向应变片。该方案可测得沿轴向方向,管道轴向应变的传递情况。

2 试验结果及分析

本试验的研究主要包括:(1)不同坠落高度对海底管道机械损伤的影响;(2)不同坠物质量对海底管道机械损伤的影响;(3)不同管道铺设条件对海底管道机械损伤的影响;(4)不同水深对海底管道机械损伤的影响;(5)不同坠物形状对海底管道机械损伤的影响。并根据管道损伤情况划定等级。

参照 DNV 规范^[10],根据海底管道的受损程度,损坏可划分为三个等级:

(1) 次损坏(D1):海底管道的最大撞击凹坑深度不超过管径的 5%,通常不会立即影响管道的运行,海底管道不需要修复,不会发生泄漏。但应该采取检验和技术评估的手段,确保管道结构的完整性和通过清管球的能力。

(2) 中损坏(D2):当撞击凹坑影响内部检验时,即最大凹坑深度超过管径的 5%,海底管道需要进行修复,但也不会发生泄漏。

(3) 重损坏(D3):海底管道发生泄漏,管壁被砸穿孔或者发生破裂,必须立即停止油气输送,修补或替换损坏的部分。

表 2 不同坠落高度下管道的损坏等级

Tab.2 Damage level of pipeline as different falling height

坠落高度/m	凹坑/管径 /%	损坏等级
0.5	< 5	D1
1.0	< 5	D1
1.5	5~10	D2
2.0	5~10	D2

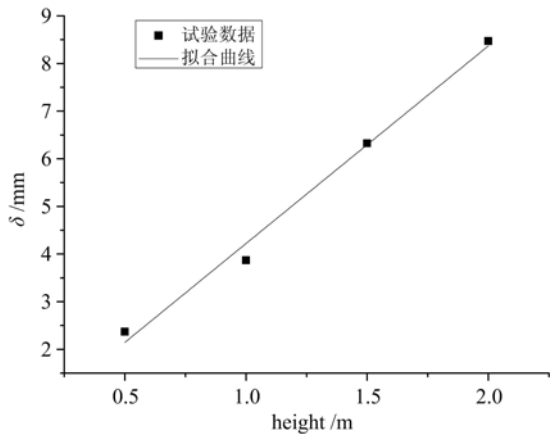


图 5 不同坠落高度下管道的凹陷深度

Fig. 5 Dent depth of pipeline as different falling height

在图 5 中,利用 Origin 软件对坠落高度 h 和最大凹陷深度 δ 的关系进行线性拟合,得到了两者之间的数值关系: $\delta=0.07+4.15h$ 。由此可见,在坠物质量一定的情况下,管道的最大凹陷深度与坠落高度呈线性关系,即最大凹陷深度随坠落高度的增加而增加。同时,管道的损坏等级会相应地加大,管道更容易发生损坏。

2.1 不同坠落高度对管道损伤的影响

试验处于无水状态,试验坠物选用 25kg 的模型锚,应变片按照方案 1 进行布置。分别选取 0.5m、1.0m、1.5m、2.0m 的坠落高度,测得不同坠落高度下管道的最大凹陷深度 δ 和不同位置的应变 ϵ 。管道的损坏等级如表 2 所示,管道的最大凹陷深度如图 5 所示,距撞击点 5cm 处 1#应变片在不同坠落高度下的轴向应变时程曲线如图 6 所示。

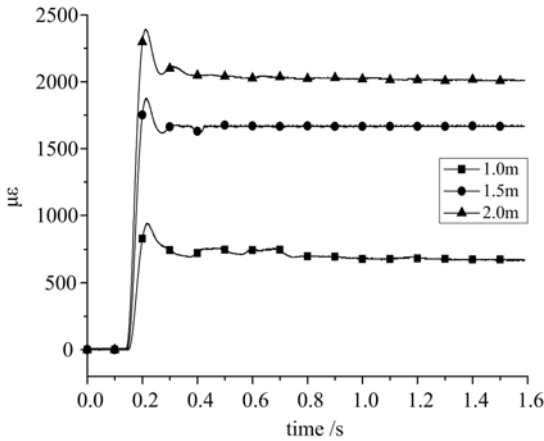


图 6 不同坠落高度下管道的应变

Fig. 6 Strain of pipeline as different falling height

从图 6 可以看出,在坠物质量一定的情况下,随着坠落高度的增加,管道撞击点附近的最大轴向应变和残余应变也都不断增大,但最大轴向应变和残余应变的增长幅度有所减少。

2.2 不同坠物质量对管道损伤的影响

试验处于无水状态,应变片按照方案 1 进行布置,选取质量 10kg、15kg、25kg 三种类型的模型锚,分别在 1.5m 和 2.0m 的坠落高度下展开试验,测得不同坠物质量下管道的最大凹陷深度 δ 和不同位置的应变 ϵ 。管道的损坏等级如表 3 所示,管道的最大凹陷深度如图 7 所示,当坠落高度为 2.0m 时,距撞击点 5cm 处 1# 和 2# 应变片在不同坠物质量下的应变时程曲线如图 8 所示。

表 3 不同坠物质量下管道的损坏等级

Tab. 3 Damage level of pipeline as different mass

坠落高度 /m	坠物质量 /kg	凹坑/管径 /%	损坏 等级
1.5	10	< 5	D1
	15	< 5	D1
	25	5~10	D2
2.0	10	< 5	D1
	15	5~10	D2
	25	5~10	D2

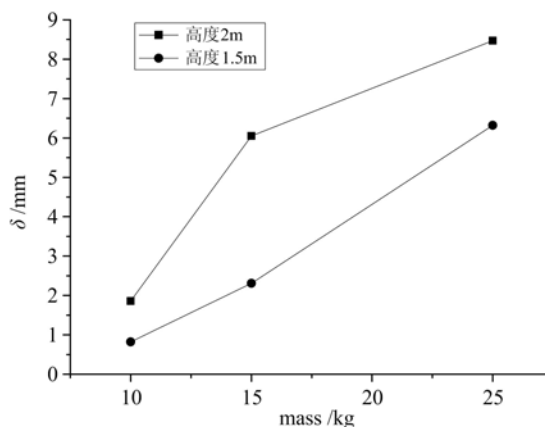


图 7 不同坠物质量下管道的凹陷深度

Fig. 7 Dent depth of pipeline as different mass

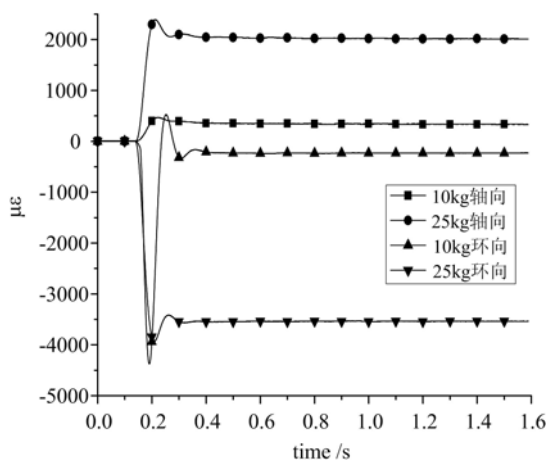


图 8 不同坠物质量下管道的应变

Fig. 8 Strain of pipeline as different mass

这主要是由于坠落物的撞击能量与坠物质量成正比。

2.3 不同管道铺设条件对管道损伤的影响

2.3.1 钢板和沙土对管道损伤的影响

试验处于无水状态,采用 4mm 厚的钢板模拟硬土层,管道分别铺设在 4mm 厚的钢板和 10cm 厚的饱和沙土上,研究硬土层和沙土层对管道损伤的影响。试验坠物选用 25kg 的模型锚,坠落高度分别选取 0.5m、1.0m、1.5m、2.0m,测得管道的最大凹陷深度 δ 。当坠落高度为 2.0m 时,按照方案 1 布置应变片,测得管道不同位置的应变 ϵ 。在沙土 10cm 上管道的损坏等级如表 4 所示,在沙土 10cm 和钢板上管道的最大凹陷深度如图 9 所示,当坠落高度为 2.0m 时,距撞击点 5cm 处 1# 和 2# 应变片在沙土 10cm 和钢板上的应变时程曲线如图 10 所示。

表 4 沙土 10cm 上管道的损坏等级

Tab. 4 Damage level of pipeline on 10cm deep sand

坠落高度/m	凹坑/管径 / %	损坏等级
0.5	< 5	D1
1.0	< 5	D1
1.5	< 5	D1
2.0	< 5	D1

在图 8 中,负应变表示在 2# 应变片位置处,不同坠物质量工况下的管道处于受压状态。从图 7 和图 8 可以看出,在坠落高度一定的情况下,随着坠物质量的增加,管道的最大凹陷深度值不断增大,撞击点附近的轴向和环向的残余应变都不断增大,管道的损伤程度也会随之加深,

对比表 1 和表 4 中管道的损坏等级,可以看出,沙土 10cm 上管道的损伤等级低于钢板上管道的损伤等级。由图 9 可知,在沙土 10cm 上管道的最大凹陷深度值比在钢板上明显减小。在图 10 中,负应变表示在 2# 应变片位置处,钢板和沙土上的管道处于受压状态。由图 10 可知,撞击点附近的轴向和环向的最大应变和残余应变也都比在钢板上的小。这主要是因为沙土对撞击形成一定的缓冲作用,吸收较大的一部分撞击能量,明显降低了海底管道的损伤程度,因此,沙土层比硬土层可以更好地降低管道的损伤程度。

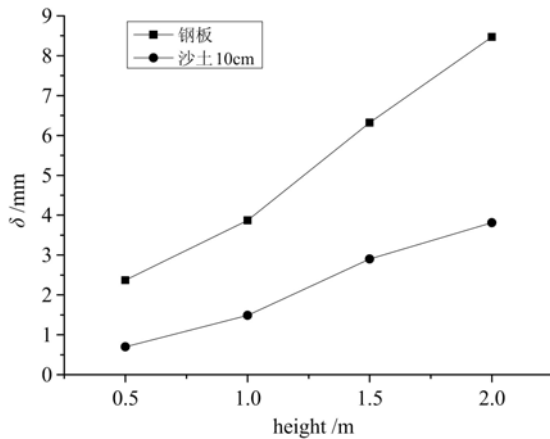


图 9 沙土 10cm 和钢板上管道的凹陷深度
Fig. 9 Dent depth of pipeline on 10cm deep sand and steel plate

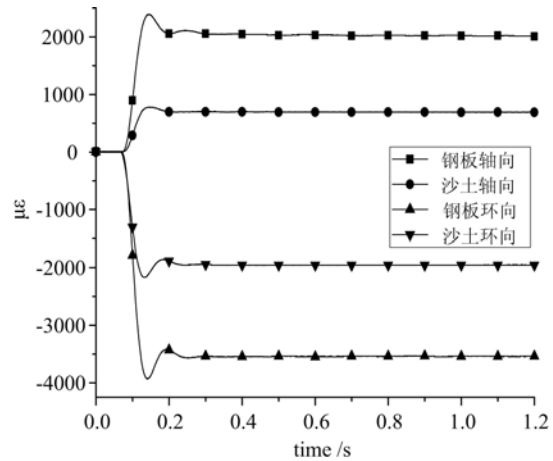


图 10 沙土 10cm 和钢板上管道的应变
Fig. 10 Strain of pipeline on 10cm deep sand and steel plate

表 5 不同沙土厚度下管道的损坏等级
Tab. 5 Damage level of pipeline as different sand thickness

沙土厚度/cm	凹坑/管径 /%	损坏等级
0	5~10	D2
1	5~10	D2
3	< 5	D1
5	< 5	D1
10	< 5	D1
15	< 5	D1

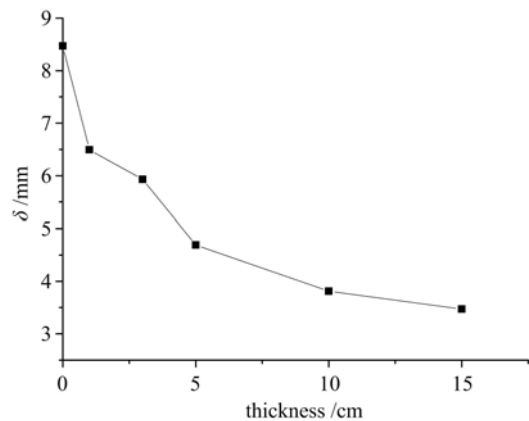


图 11 不同沙土厚度下管道的凹陷深度
Fig. 11 Dent depth of pipeline as different sand thickness

2.3.2 不同沙土厚度对管道损伤的影响

试验处于无水状态,试验坠物选用 25kg 的模型锚,坠落高度设定为 2m,饱和沙土厚度分别选取 1cm、3cm、5cm、10cm、15cm,其中沙土 5cm、10cm、15cm 的工况按照方案 1 布置应变片,沙土 1cm、3cm 的工况按照方案 2 布置应变片,测得不同沙土厚度下管道的最大凹陷深度 δ 和不同位置的应变 ϵ 。应变片布置方案 1 是为了研究沿轴向方向、管道轴向和环向应变的传递情况,以及沿周线方向、管道环向应变的传递情况;应变片布置方案 2 是为了研究沿轴向方向、管道轴向应变的传递情况,以及确定管道的塑性形变区域。管道的损坏等级如表 5 所示,管道的最大凹陷深度如图 11 所示,距撞击点 5cm 处 1# 应变片在不同沙土厚度下的轴向应变时程曲线如图 12 所示,沿管道轴向方向 1#、2#、3#、4# 应变片在沙土 3cm 上的轴向应变时程曲线如图 13 所示。

从图 11 和图 12 可以看出,随着沙土厚度的增加,管道的最大凹陷深度值逐渐降低,但降低趋势有所减缓,并逐渐趋于平稳,同时,撞击点附近的最大轴向应变和残余应变也都不断减小,在一定程度上起到了保护海底管道的作用。

图 13 给出了在沙土 3cm 上沿管道轴向方向、管道轴向应变的传递情况。可以看出,随着距撞击点距离的增加,管道的最大轴向应变和残余应变都不断减小,且在距撞击点 20cm 范围内,应变的衰减幅度较大;在距撞击点 50cm 处的残余应变基本趋于零。

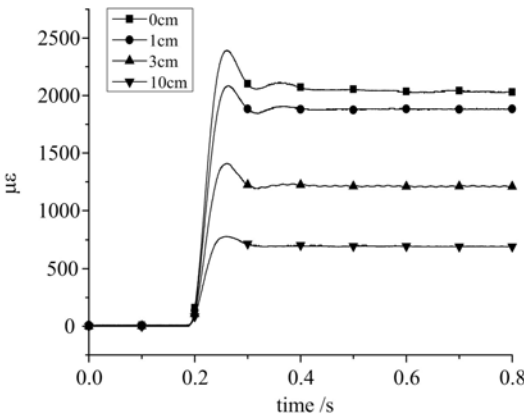


图 12 不同沙土厚度下管道的应变
Fig. 12 Strain of pipeline as different sand thickness

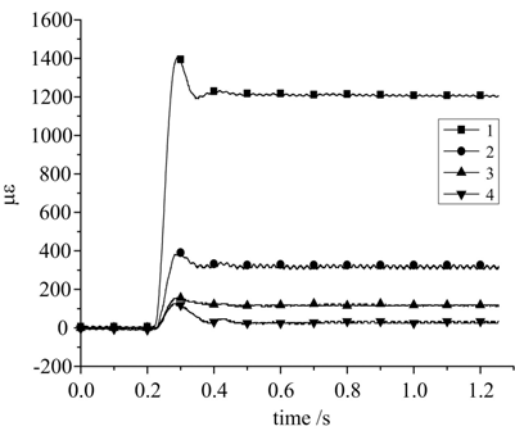


图 13 沙土 3cm 上管道的应变
Fig. 13 Strain of pipeline on 3cm deep sand

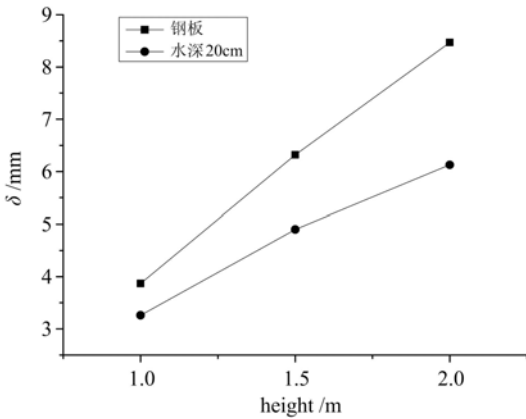


图 14 水深 20cm 和钢板上管道的凹陷深度
Fig. 14 Dent depth of pipeline under 20cm deep water and on steel plate

2.4 不同水深对管道损伤的影响

2.4.1 有水和无水条件对管道损伤的影响

试验坠物选用 25kg 的模型锚,选取 20cm 水深(这里的水深指的是高于管道顶部的深度),坠落高度分别选取 1.0m、1.5m、2.0m,测得管道的最大凹陷深度 δ 。当坠落高度为 2.0m 时,按照方案 2 布置应变片,测得管道不同位置的应变 ϵ 。在水深 20cm 下管道的损坏等级如表 6 所示,在水深 20cm 和钢板(无水)上管道的最大凹陷深度如图 14 所示。

由图 14 可见,在水深 20cm 下管道的最大凹陷深度值比在钢板上有所减小,但减幅并不大,这主要是因为坠落物与水体发生碰撞,消耗部分撞击能量,但消耗能量有限,只是在一定程度上

降低了海底管道的损伤。另外可以看出,在有水和无水条件下,两者凹陷损伤的变化趋势基本保持一致。

表 6 水深 20cm 下管道的损坏等级

Tab. 6 Damage level of pipeline under 20cm deep water

坠落高度/m	凹坑/管径 /%	损坏等级
1.0	< 5	D1
1.5	< 5	D1
2.0	5~10	D2

表 7 不同水深下管道的损坏等级

Tab. 7 Damage level of pipeline as different water depth

水深/cm	凹坑/管径 /%	损坏等级
0	5~10	D2
10	5~10	D2
20	5~10	D2
40	< 5	D1

2.4.2 不同水深对管道损伤的影响

试验坠物选用 25kg 的模型锚,坠落高度设定为 2m,水深分别选取 10cm、20cm、40cm,按照方案 2 布置应变片,测得不同水深下管道的最大凹陷深度 δ 和不同位置的应变 ϵ 。管道的损坏等级见表 7,管道的最大凹陷深度如图 15 所示,距撞击点 5cm 处 1# 应变片在不同水深下的轴向应变时程曲线如图 16 所示,沿管道轴向方向 1#、2#、3#、4# 应变片在水深 40cm 下的轴向应变时程曲线如图 17 所示。

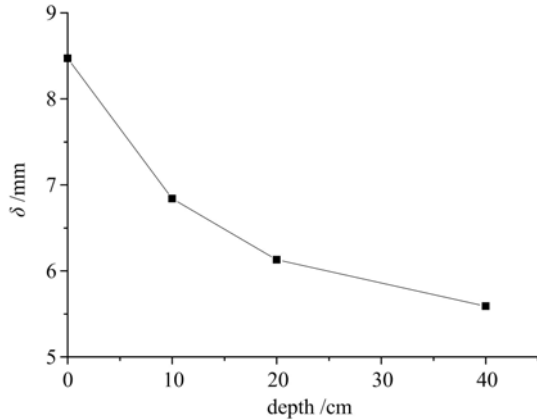


图 15 不同水深下管道的凹陷深度

Fig. 15 Dent depth of pipeline as different water depth

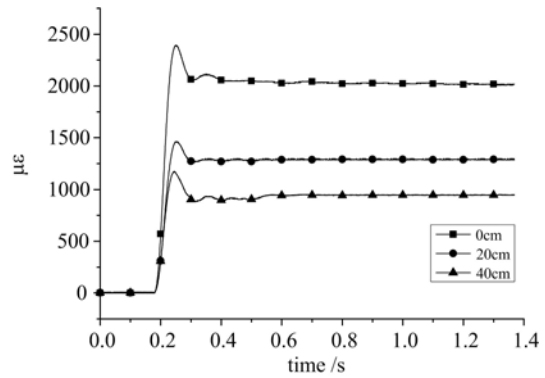


图 16 不同水深下管道的应变

Fig. 16 Strain of pipeline as different water depth

根据划分的管道损坏等级可知,当达到足够的水深时,管道的损坏等级才会有所降低。从图 15 和图 16 可以看出,随着水深的增加,管道的最大凹陷深度值逐渐降低,但降低趋势有所减缓,而且撞击点附近的最大轴向应变和残余应变也都不断减小。

图 17 给出了在水深 40cm 下沿管道轴向方向、管道轴向应变的传递情况。可以看出,随着距撞击点距离的增加,管道的最大轴向应变和残余应变都不断减小,且在距撞击点 20cm 范围内,应变的衰减幅度较大;在距撞击点 50cm 处的残余应变基本趋于零。

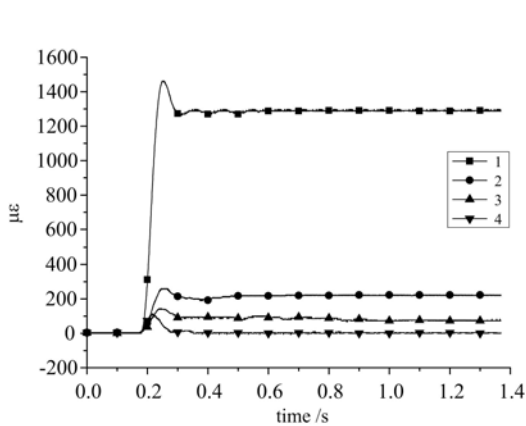


图 17 水深 40cm 下管道的应变

Fig. 17 Strain of pipeline under 40cm deep water

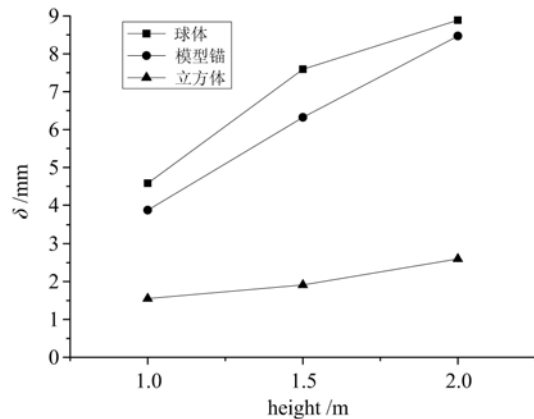


图 18 不同坠物形状下管道的凹陷深度

Fig. 18 Dent depth of pipeline as different object shape

2.5 不同坠物形状对管道损伤的影响

试验处于无水状态,在坠物质量均为 25kg,坠落高度分别为 1.0m、1.5m、2.0m 的条件下,分别选择立方体、球体、模型锚三种形状的坠物展开试验,立方体的底面、球体的最低点、模型锚的弧形尖端分别与管道进行碰撞接触,测得管道的最大凹陷深度 δ 。当坠落高度为 2.0m 时,按照方案 1 布置应变片,测得管道不同位置的应变 ϵ 。管道的损坏等级如表 8 所示,管道的最大凹陷深度如图 18 所示,当坠落高度为 2.0m 时,沿管道轴向方向 2#、6#、8# 应变片在模型锚作用下的环向应变时程曲线如图 19

所示。

表 8 不同坠物形状下管道的损坏等级

Tab. 8 Damage level of pipeline as different object shape

坠落高度/m	坠物形状	凹坑/管径 /%	损坏等级
1.0	立方体	< 5	D1
	模型锚	< 5	D1
	球体	< 5	D1
1.5	立方体	< 5	D1
	模型锚	5~10	D2
	球体	5~10	D2
2.0	立方体	< 5	D1
	模型锚	5~10	D2
	球体	5~10	D2

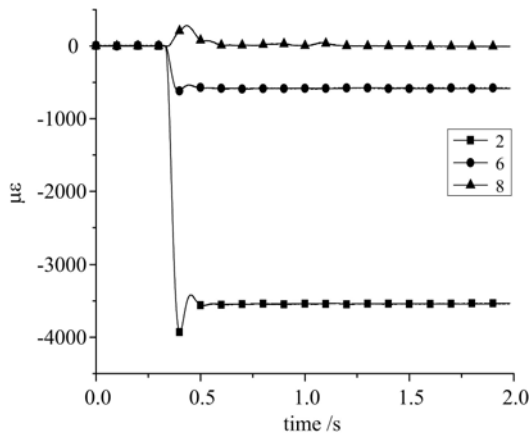


图 19 模型锚作用下管道的应变

Fig. 19 Strain of pipeline as different object shape

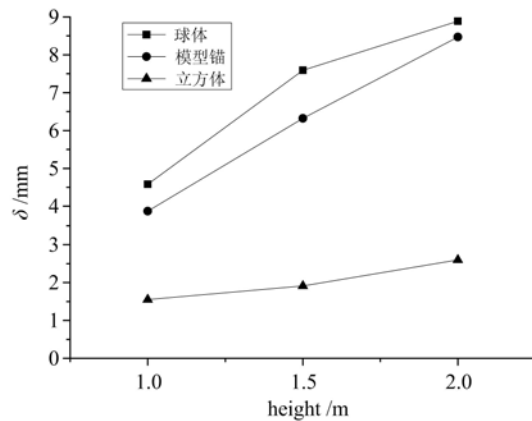


图 18 不同坠物形状下管道的凹陷深度

Fig. 18 Dent depth of pipeline as different object shape

从图 18 中可以看出,碰撞接触面积越大,管道的凹陷损伤程度就越低,相应的最大凹陷深度值也就越小,其中,球形坠落物撞击所引起的凹陷损伤最大。

图 19 中的负应变表示在 2#、6# 应变片位置上管道处于受压状态。图 19 给出了在模型锚作用下沿管道轴向方向,管道的环向应变传递情况。可以看出,随着距撞击点距离的增加,管道的最大环向应变和残余应变都不断减小,且在距撞击点 20cm 范围内,应变的衰减幅度较大;在距撞击点 35cm 处的残余应变基本趋于零。

3 结论

本文通过海底管道受坠物锚击作用损伤试

验,研究了不同影响因素对海底管道的机械损伤影响,得出以下结论:

(1) 海底管道的凹陷损伤值和应变值随着坠物质量和坠落高度的增加而增加,因此在管道设计中应考虑坠物质量和坠落高度的影响。

(2) 在立方体、球体、模型锚三种坠物作用下,球体坠物对海底管道的损伤最大,因此在管道设计中应选取碰撞接触面积较小的坠物进行极限工况设计。

(3) 管道铺设条件和水深的试验结果表明,海底管道撞击部位的凹陷损伤值和应变值随水深的增加而降低,但降低幅度不大;沙土层比硬土层可以更好地降低管道的损伤程度,提高了管道的抗坠物撞击能力。这对于海底管道的抗坠物撞击设计和安全防护具有一定的指导意义。

(4) 根据试验结果,海底管道的塑性形变发生在距撞击点 50cm 范围内,超过这个区域范围,管道发生弹性形变。这对于海底管道的修补和替换具有一定的参考价值。

参考文献:

- [1] Andrew P, Allan N, Suja S. Impact resistance of pipelines and the loss-of-containment limit state[J]. Pipeline Integrity, 2003, 2(4):231-240.
- [2] Andrew P, Martin T, Si H. Full-scale impact tests on pipelines[J]. International Journal of Impact Engineering, 2006, 32(8):1267-1283.

- [3] Kristoffersen M, Børvik T, Westermann I, et al. Impact against X65 steel pipes—An experimental investigation [J]. *International Journal of Solids and Structures*, 2013, 50(20/21):3430—3445.
- [4] Kristoffersen M, Casadei F, Børvik T, et al. Impact against empty and water-filled X65 steel pipe — Experiments and simulations[J]. *International Journal of Impact Engineering*, 2014, 71:73—88.
- [5] 雷震名, 谭红莹, 龚海潮, 等. 基于能量法的跨航道海底管线抗落锚实验研究[J]. *水道港口*, 2015, 36(3):272—276 (LEI Zhenming, TAN Hongying, GONG Haichao, et al. Energy method-based experimental research on crossing sub-sea pipeline protection by rockfill against anchors[J]. *Journal of Waterway and Harbor*, 2015, 36(3):272—276 (in Chinese))
- [6] 张萌萌, 郭志明, 李媛, 等. 跨航道抛锚作业对海底管道的损伤研究[C]. 山西: 第十五届北方七省市区力学学会学术会议, 2014:277—278 (ZHANG Mengmeng, GUO Zhiming, LI Yuan, et al. Experimental research on anchoring damage to crossing sub-sea pipeline[C]. Shanxi: The 15th Mechanical Institute Conference of Seven Northern Provinces, 2014:277—278 (in Chinese))
- [7] 杨秀娟, 修宗祥, 闫相祯, 等. 海底管道受坠物撞击的三维仿真研究[J]. *振动与冲击*, 2009(11):47—50 (YANG Xiujuan, XIU Zongxiang, YAN Xiangzhen, et al. 3D simulation of submarine pipeline impacted by dropped objects[J]. *Journal of Vibration and Shock*, 2009(11):47—50 (in Chinese))
- [8] 杨秀娟, 闫涛, 修宗祥, 等. 海底管道受坠物撞击时的弹塑性有限元分析[J]. *工程力学*, 2011(6):189—194 (YANG Xiujuan, YAN Tao, XIU Zongxiang, et al. Elastic-plastic finite element analysis of submarine pipeline impacted by dropped objects[J]. *Engineering Mechanics*, 2011(6):189—194 (in Chinese))
- [9] 白俊磊. 海底管道坠物碰撞损伤数值模拟分析研究[D]. 辽宁: 大连理工大学, 2013 (BAI Junlei. The numerical simulation investigation of submarine pipeline's collision damage impacted by dropped objects [D]. Liaoning: Dalian University of Technology, 2013 (in Chinese))
- [10] DNV-RP-F107. Risk assessment of pipelines protection[S]. Norway: Det Norske Veritas, 2010.

Model experimental study on damage of submarine pipeline subjected to falling anchor strike

CUI Peng¹, GUO Hai-yan¹, HUANG Qi-feng¹, LI Xiao-qi², LI Jing-shi¹, LI Fu-heng¹

(1. College of Engineering, Ocean University of China, Qingdao 266100, Shandong, China;

2. CNOOC Energy Technology & Services Limited Safety & Environmental Protection Branch, Tianjin 300452, China)

Abstract: In order to explore damage pattern of submarine pipeline subjected to different influencing factors, through damage experiment of submarine pipeline subjected to falling anchor strike, the influence of different factors, such as the mass of falling object, the height of fall, the pipeline laying condition, the depth of water and the shape of falling object on the mechanical damage of submarine pipeline are studied in this paper. Experimental results show that the depression damage and strain increase with the increase of falling mass and height of fall. Under the same mass condition, submarine pipeline subjected to action of cubic object, sphere object and model anchor respectively, the most serious damage is caused by sphere object. The damage degree of pipeline decreases with the increase of sand thickness and water depth. Sand layer can reduce the damage degree of pipeline better than that of hard soil layer. Within 50cm of impact point, plastic deformation occurs in pipeline.

Keywords: submarine pipeline; anchor shot; experiment; dent damage; strain